

A3

**Solar cell, has clusters with absorption peak maximum in region where active layer exhibits absorption minimum**

**Patent number:** DE19837365  
**Publication date:** 2000-03-02  
**Inventor:** MEISSNER DIETER (DE); ROSTALSKI JOERN (DE); WESTPHALEN MICHAEL (DE); KREIBIG UWE (DE)  
**Applicant:** KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH (DE)  
**Classification:**  
- **international:** **H01L31/0296; H01L51/30; H01L51/40; H01L31/0264; H01L51/05; (IPC1-7): H01L31/06**  
- **european:** H01L31/0296; H01L51/20C2  
**Application number:** DE19981037365 19980818  
**Priority number(s):** DE19981037365 19980818

**Also published as:**

GB2341002 (A)  
FR2782575 (A1)

[Report a data error here](#)**Abstract of DE19837365**

The cell has an active region in which incident photons generate charge carriers. Clusters of atoms or molecules, exhibiting an absorption maximum in a wavelength region where the optical layer of the active layer exhibits an absorption minimum, are present in the active layer. These may be e.g. 5000 gold atoms or 3000 gallium arsenide molecules.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**Best Available Copy**



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 37 365 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 31/06**

⑳ Aktenzeichen: 198 37 365.1  
㉑ Anmeldetag: 18. 8. 1998  
㉒ Offenlegungstag: 2. 3. 2000

DE 198 37 365 A 1

㉓ Anmelder:  
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE

㉔ Erfinder:  
Meissner, Dieter, Dr., 52428 Jülich, DE; Rostalski,  
Jörn, 52441 Linnich, DE; Westphalen, Michael,  
41751 Viersen, DE; Kreibitz, Uwe, Prof. Dr., 66119  
Saarbrücken, DE

㉕ Entgegenhaltungen:  
US 56 77 236 A  
US 54 82 570 A  
EP 08 31 536 A2  
JP 07-2 97 425 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉖ Solarzelle mit Clustern im aktiven Bereich

㉗ Erfindungsgemäß werden Cluster in den optischen Bereich einer Solarzelle eingebracht. Mittel sind vorhanden, die erzeugten Ladungsträgerpaare getrennt aus dem aktiven Bereich heraufzuführen. Die eingebrachten Cluster bewirken durch eine Resonanz zusätzliche Ladungsträgerpaare, die getrennt aus der Solarzelle herausgeführt, einen zusätzlichen elektrischen Strom bereitstellen. Es wird eine Solarzelle bereitgestellt, die einen verbesserten Wirkungsgrad gegenüber dem Stand der Technik aufweist, indem sie zusätzliche Wellenlängen für die Erzeugung von Ladungsträgerpaaren nutzt und diese in zusätzlichen elektrischen Strom umwandelt.

DE 198 37 365 A 1

Die Erfindung betrifft eine Solarzelle mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Bei einer Solarzelle wird durch Absorption elektromagnetischer Strahlung ein elektrischer Strom erzeugt. Der erzeugte Strom wird Photostrom genannt.

Aus der Druckschrift DE 196 40 065 A1 ist eine solche Solarzelle bekannt, bei der in einem Farbstoff Photonen in einen elektrischen Strom umgewandelt werden.

Einfallende Photonen erzeugen in der aktiven Zone (aktiver Bereich) einer Solarzelle eine Ladungstrennung. Infolge der Ladungstrennung entsteht ein Ladungsträgerpaar. Wird ein Ladungsträger des Ladungsträgerpaares, also zum Beispiel ein Elektron, aus der aktiven Zone herausgeleitet, so fließt ein elektrischer Strom. Das getrennte Herausleiten von Ladungsträgern eines Ladungsträgerpaares gelingt durch Vorsehen eines geeigneten elektrischen Feldes. Ein geeignetes elektrisches Feld herrscht in Solarzellen zum Beispiel infolge eines bereitgestellten p-n-Kontaktes mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter. Die Verarmungszone bildet dann die aktive Zone.

Der Wirkungsgrad, einfallende Photonen zu absorbieren und in Ladungsträgerpaare zu überführen, hängt von der Wellenlänge der Photonen ab. In Abhängigkeit von der Wellenlänge weist der Wirkungsgrad lokale Minima, lokale Maxima oder Flanken auf.

Aus der Druckschrift (M. Quinten, O. Stenzel, A. Stendal, C. Borczyskowski, J. Opt. 28 (1997) 249–251) ist bekannt, Cluster in Bereiche außerhalb der aktiven Zone einer Solarzelle einzubringen und so den Wirkungsgrad zu steigern. Diese Steigerung findet jedoch nur bei Wellenlängen statt, bei denen ohnehin ein guter Wirkungsgrad vorliegt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Solarzelle mit gutem Wirkungsgrad.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den rückbezogenen Ansprüchen.

Die anspruchsgemäße Solarzelle weist einen aktiven Bereich aus, in dem durch einfallende Photonen Ladungsträgerpaare erzeugt werden. Ein Ladungsträgerpaar besteht aus einem positiven und einem negativen Ladungsträger. Mittel sind vorhanden, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich so heraus zuführen, daß ein elektrischer Strom fließt. Negative Ladungsträger wie Elektronen werden dann getrennt von positiven Ladungsträgern aus dem aktiven Bereich herausgeführt und/oder umgekehrt. Innerhalb des aktiven Bereiches befinden sich Cluster.

Beispiele für Mittel, die die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich zur Erzeugung eines elektrischen Stroms heraus führen, sind geeignet angelegte elektrische Felder. Geeignet angelegte elektrische Felder bei einer Solarzelle können zum Beispiel durch einen p-n Kontakt mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter oder durch einen Schottky-Kontakt oder durch molekulare Anordnungen mit geeignet liegenden Energiezuständen und/oder Fermi-niveaus bereitgestellt werden.

Die Mittel, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich herauszuführen, bezwecken in Kombination mit dem aktiven Bereich die Bereitstellung einer elektrischen Spannung.

Unter Clustern im Sinne des Anspruchs wird eine Gruppe von drei oder mehr Atomen oder Molekülen verstanden, von denen jedes mit mindestens zwei anderen Atomen oder Molekülen dieser Gruppe chemisch verknüpft ist. Die Verknüpfung kann aus metallischen, ionischen, kovalenten oder van-der Waals-artigen Bindungen bestehen. Die Cluster weisen einen Absorptionspeak auf. Ein Absorptionspeak liegt vor,

wenn die Photonenabsorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein lokales Maximum aufweist. Eine makroskopisch große Metallschicht weist im Unterschied zum anspruchsgemäßen Cluster keinen lokalen Absorptionspeak auf.

Anspruchsgemäße Cluster bestehen z. B. aus 5000 Goldatomen oder 3000 Galliumarsenidmolekülen.

Cluster im aktiven Bereich einer Solarzelle bewirken im Wellenlängenbereich des Absorptionspeaks eine zusätzliche Photonenabsorption, die im Gegensatz zu einer ausgedehnten, makroskopisch großen Metallschicht zu einer Resonanz führt. Hierdurch werden zusätzliche Ladungsträgerpaare in der aktiven Zone erzeugt. Der Wirkungsgrad der Solarzelle wird so gesteigert.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Solarzelle nach Anspruch 2 weist Cluster auf, die kleiner als 100 nm, insbesondere kleiner als 10 nm sind. Cluster in dieser Größenordnung bewirken einen ausgeprägten Absorptionspeak und damit eine verbesserte Resonanz. Eine weiter gesteigerter Wirkungsgrad der Solarzelle ist die Folge.

Vorteilhaft enthält die Solarzelle nach Anspruch 3 Cluster, die aus wenigstens 100 insbesondere aus wenigstens 1000 Atomen bestehen. Ein typischer Cluster enthält z. B. 10 000 Atome.

Ist die Anzahl der Atome eines Clusters zu gering, so wird der Absorptionspeak sehr schmal. Dies führt nachteilhaft zu einer Absorption in einem sehr kleinen Wellenlängenbereich. Daher sollte der Cluster aus mindestens 100, vorzugsweise aus wenigstens 1000 Atomen bestehen, um einen Absorptionspeak über einen breiten Wellenlängenbereich zu erhalten.

Eine vorteilhafte Solarzelle nach Anspruch 4 enthält Cluster im aktiven Bereich, deren Absorptionspeak in den Wellenlängenbereich fällt, bei dem der Wirkungsgrad der Solarzelle ohne Cluster ein lokales Minimum oder den Anstieg einer Absorptionsflanke aufweist.

Ein Beispiel für eine Solarzelle nach Anspruch 4 ist eine Schottky-Kontakt-Solarzelle mit Silberclustern im aktiven Bereich, die einige Nanometer groß sind. Die Solarzelle besteht aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas mit aufgedampfter Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ohne die Cluster ein lokales Absorptionsminimum und damit ein lokales Photostromminimum im Bereich von 410–520 nm auf. Die Silbercluster weisen einen lokalen Absorptionspeak im vorgenannten Bereich auf. Daher wird Licht auch im Wellenlängenbereich um 470 nm mit gutem Wirkungsgrad in einen Photostrom umgewandelt. Ein lokales Maximum des Photostroms im Bereich um 450 nm ist die Folge.

Eine Solarzelle, die Cadmiumsulfid als Halbleiter enthält, stellt ein weiteres Beispiel dar. Hier gibt es in Abwesenheit der anspruchsgemäßen Cluster eine Absorptionsflanke, die bei 520 nm steil abfällt. Galliumarsenidcluster, die in den aktiven Bereich eingebracht werden, bewirken einen zusätzlichen elektrischen Strom bei Wellenlängen um 600 nm. Dieser Wellenlängenbereich konnte bislang nicht genutzt werden. Der Wirkungsgrad wird somit weiter gesteigert.

Eine Solarzelle nach Anspruch 5 weist vorteilhaft Cluster im aktiven Bereich auf, deren Absorptionspeak im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt. Die Cluster können aus Silber oder Gold bestehen.

In einem Beispiel umfaßt die Solarzelle ein aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas und eine aufgedampfte Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ein Absorptionsminimum im Wellenlängenbereich von 410–520 nm auf. Durch das anspruchsgemäße Vorsehen von einige Nanometer großen Silberclustern werden Photonen aus dem sichtbaren und damit energiereichen Wellenlängenbereich verstärkt

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Solarzelle mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Bei einer Solarzelle wird durch Absorption elektromagnetischer Strahlung ein elektrischer Strom erzeugt. Der erzeugte Strom wird Photostrom genannt.

Aus der Druckschrift DE 196 40 065 A1 ist eine solche Solarzelle bekannt, bei der in einem Farbstoff Photonen in einen elektrischen Strom umgewandelt werden.

Einfallende Photonen erzeugen in der aktiven Zone (aktiver Bereich) einer Solarzelle eine Ladungstrennung. Infolge der Ladungstrennung entsteht ein Ladungsträgerpaar. Wird ein Ladungsträger des Ladungsträgerpaares, also zum Beispiel ein Elektron, aus der aktiven Zone herausgeleitet, so fließt ein elektrischer Strom. Das getrennte Herausleiten von Ladungsträgern eines Ladungsträgerpaares gelingt durch Vorsehen eines geeigneten elektrischen Feldes. Ein geeignetes elektrisches Feld herrscht in Solarzellen zum Beispiel infolge eines bereitgestellten p-n-Kontaktes mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter. Die Verarmungszone bildet dann die aktive Zone.

Der Wirkungsgrad, einfallende Photonen zu absorbieren und in Ladungsträgerpaare zu überführen, hängt von der Wellenlänge der Photonen ab. In Abhängigkeit von der Wellenlänge weist der Wirkungsgrad lokale Minima, lokale Maxima oder Flanken auf.

Aus der Druckschrift (M. Quinten, O. Stenzel, A. Stendal, C. Borcyskowski, J. Opt. 28 (1997) 249–251) ist bekannt, Cluster in Bereiche außerhalb der aktiven Zone einer Solarzelle einzubringen und so den Wirkungsgrad zu steigern. Diese Steigerung findet jedoch nur bei Wellenlängen statt, bei denen ohnehin ein guter Wirkungsgrad vorliegt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Solarzelle mit gutem Wirkungsgrad.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den rückbezogenen Ansprüchen.

Die anspruchsgemäße Solarzelle weist einen aktiven Bereich aus, in dem durch einfallende Photonen Ladungsträgerpaare erzeugt werden. Ein Ladungsträgerpaar besteht aus einem positiven und einem negativen Ladungsträger. Mittel sind vorhanden, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich so heraus zuführen, daß ein elektrischer Strom fließt. Negative Ladungsträger wie Elektronen werden dann getrennt von positiven Ladungsträgern aus dem aktiven Bereich herausgeführt und/oder umgekehrt. Innerhalb des aktiven Bereiches befinden sich Cluster.

Beispiele für Mittel, die die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich zur Erzeugung eines elektrischen Stroms heraus führen, sind geeignet angelegte elektrische Felder. Geeignet angelegte elektrische Felder bei einer Solarzelle können zum Beispiel durch einen p-n Kontakt mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter oder durch einen Schottky-Kontakt oder durch molekulare Anordnungen mit geeignet liegenden Energiezuständen und/oder Fermi-niveaus bereitgestellt werden.

Die Mittel, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich herauszuführen, bezwecken in Kombination mit dem aktiven Bereich die Bereitstellung einer elektrischen Spannung.

Unter Clustern im Sinne des Anspruchs wird eine Gruppe von drei oder mehr Atomen oder Molekülen verstanden, von denen jedes mit mindestens zwei anderen Atomen oder Molekülen dieser Gruppe chemisch verknüpft ist. Die Verknüpfung kann aus metallischen, ionischen, kovalenten oder van-der Waals-artigen Bindungen bestehen. Die Cluster weisen einen Absorptionspeak auf. Ein Absorptionspeak liegt vor,

wenn die Photonenabsorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein lokales Maximum aufweist. Eine makroskopisch große Metallschicht weist im Unterschied zum anspruchsgemäßen Cluster keinen lokalen Absorptionspeak auf.

Anspruchsgemäße Cluster bestehen z. B. aus 5000 Goldatomen oder 3000 Galliumarsenidmolekülen.

Cluster im aktiven Bereich einer Solarzelle bewirken im Wellenlängenbereich des Absorptionspeaks eine zusätzliche Photonenabsorption, die im Gegensatz zu einer ausgedehnten, makroskopisch großen Metallschicht zu einer Resonanz führt. Hierdurch werden zusätzliche Ladungsträgerpaare in der aktiven Zone erzeugt. Der Wirkungsgrad der Solarzelle wird so gesteigert.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Solarzelle nach Anspruch 2 weist Cluster auf, die kleiner als 100 nm, insbesondere kleiner als 10 nm sind. Cluster in dieser Größenordnung bewirken einen ausgeprägten Absorptionspeak und damit eine verbesserte Resonanz. Eine weiter gesteigerter Wirkungsgrad der Solarzelle ist die Folge.

Vorteilhaft enthält die Solarzelle nach Anspruch 3 Cluster, die aus wenigstens 100 insbesondere aus wenigstens 1000 Atomen bestehen. Ein typischer Cluster enthält z. B. 10 000 Atome.

Ist die Anzahl der Atome eines Clusters zu gering, so wird der Absorptionspeak sehr schmal. Dies führt nachteilhaft zu einer Absorption in einem sehr kleinen Wellenlängenbereich. Daher sollte der Cluster aus mindestens 100, vorzugsweise aus wenigstens 1000 Atomen bestehen, um einen Absorptionspeak über einen breiten Wellenlängenbereich zu erhalten.

Eine vorteilhafte Solarzelle nach Anspruch 4 enthält Cluster im aktiven Bereich, deren Absorptionspeak in den Wellenlängenbereich fällt, bei dem der Wirkungsgrad der Solarzelle ohne Cluster ein lokales Minimum oder den Anstieg einer Absorptionsflanke aufweist.

Ein Beispiel für eine Solarzelle nach Anspruch 4 ist eine Schottky-Kontakt-Solarzelle mit Silberclustern im aktiven Bereich, die einige Nanometer groß sind. Die Solarzelle besteht aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas mit aufgedampfter Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ohne die Cluster ein lokales Absorptionsminimum und damit ein lokales Photostromminimum im Bereich von 410–520 nm auf. Die Silbercluster weisen einen lokalen Absorptionspeak im vorgenannten Bereich auf. Daher wird Licht auch im Wellenlängenbereich um 470 nm mit gutem Wirkungsgrad in einen Photostrom umgewandelt. Ein lokales Maximum des Photostroms im Bereich um 450 nm ist die Folge.

Eine Solarzelle, die Cadmiumsulfid als Halbleiter enthält, stellt ein weiteres Beispiel dar. Hier gibt es in Abwesenheit der anspruchsgemäßen Cluster eine Absorptionsflanke, die bei 520 nm steil abfällt. Galliumarsenidcluster, die in den aktiven Bereich eingebracht werden, bewirken einen zusätzlichen elektrischen Strom bei Wellenlängen um 600 nm. Dieser Wellenlängenbereich konnte bislang nicht genutzt werden. Der Wirkungsgrad wird somit weiter gesteigert.

Eine Solarzelle nach Anspruch 5 weist vorteilhaft Cluster im aktiven Bereich auf, deren Absorptionspeak im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt. Die Cluster können aus Silber oder Gold bestehen.

In einem Beispiel umfaßt die Solarzelle ein aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas und eine aufgedampfte Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ein Absorptionsminimum im Wellenlängenbereich von 410–520 nm auf. Durch das anspruchsgemäße Vorsehen von einige Nanometer großen Silberclustern werden Photonen aus dem sichtbaren und damit energiereichen Wellenlängenbereich verstärkt

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Solarzelle mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Bei einer Solarzelle wird durch Absorption elektromagnetischer Strahlung ein elektrischer Strom erzeugt. Der erzeugte Strom wird Photostrom genannt.

Aus der Druckschrift DE 196 40 065 A1 ist eine solche Solarzelle bekannt, bei der in einem Farbstoff Photonen in einen elektrischen Strom umgewandelt werden.

Einfallende Photonen erzeugen in der aktiven Zone (aktiver Bereich) einer Solarzelle eine Ladungstrennung. Infolge der Ladungstrennung entsteht ein Ladungsträgerpaar. Wird ein Ladungsträger des Ladungsträgerpaares, also zum Beispiel ein Elektron, aus der aktiven Zone herausgeleitet, so fließt ein elektrischer Strom. Das getrennte Herausleiten von Ladungsträgern eines Ladungsträgerpaares gelingt durch Vorsehen eines geeigneten elektrischen Feldes. Ein geeignetes elektrisches Feld herrscht in Solarzellen zum Beispiel infolge eines bereitgestellten p-n-Kontaktes mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter. Die Verarmungszone bildet dann die aktive Zone.

Der Wirkungsgrad, einfallende Photonen zu absorbieren und in Ladungsträgerpaare zu überführen, hängt von der Wellenlänge der Photonen ab. In Abhängigkeit von der Wellenlänge weist der Wirkungsgrad lokale Minima, lokale Maxima oder Flanken auf.

Aus der Druckschrift (M. Quinten, O. Stenzel, A. Stendal, C. Borczyskowski, J. Opt. 28 (1997) 249–251) ist bekannt, Cluster in Bereiche außerhalb der aktiven Zone einer Solarzelle einzubringen und so den Wirkungsgrad zu steigern. Diese Steigerung findet jedoch nur bei Wellenlängen statt, bei denen ohnehin ein guter Wirkungsgrad vorliegt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Solarzelle mit gutem Wirkungsgrad.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den rückbezogenen Ansprüchen.

Die anspruchsgemäße Solarzelle weist einen aktiven Bereich aus, in dem durch einfallende Photonen Ladungsträgerpaare erzeugt werden. Ein Ladungsträgerpaar besteht aus einem positiven und einem negativen Ladungsträger. Mittel sind vorhanden, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich so herauszuführen, daß ein elektrischer Strom fließt. Negative Ladungsträger wie Elektronen werden dann getrennt von positiven Ladungsträgern aus dem aktiven Bereich herausgeführt und/oder umgekehrt. Innerhalb des aktiven Bereiches befinden sich Cluster.

Beispiele für Mittel, die die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich zur Erzeugung eines elektrischen Stroms herausführen, sind geeignet angelegte elektrische Felder. Geeignet angelegte elektrische Felder bei einer Solarzelle können zum Beispiel durch einen p-n Kontakt mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter oder durch einen Schottky-Kontakt oder durch molekulare Anordnungen mit geeignet liegenden Energiezuständen und/oder Fermi-niveaus bereitgestellt werden.

Die Mittel, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich herauszuführen, bezwecken in Kombination mit dem aktiven Bereich die Bereitstellung einer elektrischen Spannung.

Unter Clustern im Sinne des Anspruchs wird eine Gruppe von drei oder mehr Atomen oder Molekülen verstanden, von denen jedes mit mindestens zwei anderen Atomen oder Molekülen dieser Gruppe chemisch verknüpft ist. Die Verknüpfung kann aus metallischen, ionischen, kovalenten oder van-der-Waals-artigen Bindungen bestehen. Die Cluster weisen einen Absorptionspeak auf. Ein Absorptionspeak liegt vor,

wenn die Photonenabsorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein lokales Maximum aufweist. Eine makroskopisch große Metallschicht weist im Unterschied zum anspruchsgemäßen Cluster keinen lokalen Absorptionspeak auf.

Anspruchsgemäße Cluster bestehen z. B. aus 5000 Goldatomen oder 3000 Galliumarsenidmolekülen.

Cluster im aktiven Bereich einer Solarzelle bewirken im Wellenlängenbereich des Absorptionspeaks eine zusätzliche Photonenabsorption, die im Gegensatz zu einer ausgedehnten, makroskopisch großen Metallschicht zu einer Resonanz führt. Hierdurch werden zusätzliche Ladungsträgerpaare in der aktiven Zone erzeugt. Der Wirkungsgrad der Solarzelle wird so gesteigert.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Solarzelle nach Anspruch 2 weist Cluster auf, die kleiner als 100 nm, insbesondere kleiner als 10 nm sind. Cluster in dieser Größenordnung bewirken einen ausgeprägten Absorptionspeak und damit eine verbesserte Resonanz. Eine weiter gesteigerter Wirkungsgrad der Solarzelle ist die Folge.

Vorteilhaft enthält die Solarzelle nach Anspruch 3 Cluster, die aus wenigstens 100 insbesondere aus wenigstens 1000 Atomen bestehen. Ein typischer Cluster enthält z. B. 10 000 Atome.

Ist die Anzahl der Atome eines Clusters zu gering, so wird der Absorptionspeak sehr schmal. Dies führt nachteilhaft zu einer Absorption in einem sehr kleinen Wellenlängenbereich. Daher sollte der Cluster aus mindestens 100, vorzugsweise aus wenigstens 1000 Atomen bestehen, um einen Absorptionspeak über einen breiten Wellenlängenbereich zu erhalten.

Eine vorteilhafte Solarzelle nach Anspruch 4 enthält Cluster im aktiven Bereich, deren Absorptionspeak in den Wellenlängenbereich fällt, bei dem der Wirkungsgrad der Solarzelle ohne Cluster ein lokales Minimum oder den Anstieg einer Absorptionsflanke aufweist.

Ein Beispiel für eine Solarzelle nach Anspruch 4 ist eine Schottky-Kontakt-Solarzelle mit Silberclustern im aktiven Bereich, die einige Nanometer groß sind. Die Solarzelle besteht aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas mit aufgedampfter Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ohne die Cluster ein lokales Absorptionsminimum und damit ein lokales Photostromminimum im Bereich von 410–520 nm auf. Die Silbercluster weisen einen lokalen Absorptionspeak im vorgenannten Bereich auf. Daher wird Licht auch im Wellenlängenbereich um 470 nm mit gutem Wirkungsgrad in einen Photostrom umgewandelt. Ein lokales Maximum des Photostroms im Bereich um 450 nm ist die Folge.

Eine Solarzelle, die Cadmiumsulfid als Halbleiter enthält, stellt ein weiteres Beispiel dar. Hier gibt es in Abwesenheit der anspruchsgemäßen Cluster eine Absorptionsflanke, die bei 520 nm steil abfällt. Galliumarsenidcluster, die in den aktiven Bereich eingebracht werden, bewirken einen zusätzlichen elektrischen Strom bei Wellenlängen um 600 nm. Dieser Wellenlängenbereich konnte bislang nicht genutzt werden. Der Wirkungsgrad wird somit weiter gesteigert.

Eine Solarzelle nach Anspruch 5 weist vorteilhaft Cluster im aktiven Bereich auf, deren Absorptionspeak im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt. Die Cluster können aus Silber oder Gold bestehen.

In einem Beispiel umfaßt die Solarzelle ein aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas und eine aufgedampfte Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ein Absorptionsminimum im Wellenlängenbereich von 410–520 nm auf. Durch das anspruchsgemäße Vorsehen von einige Nanometer großen Silberclustern werden Photonen aus dem sichtbaren und damit energiereichen Wellenlängenbereich verstärkt

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Solarzelle mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Bei einer Solarzelle wird durch Absorption elektromagnetischer Strahlung ein elektrischer Strom erzeugt. Der erzeugte Strom wird Photostrom genannt.

Aus der Druckschrift DE 196 40 065 A1 ist eine solche Solarzelle bekannt, bei der in einem Farbstoff Photonen in einen elektrischen Strom umgewandelt werden.

Einfallende Photonen erzeugen in der aktiven Zone (aktiver Bereich) einer Solarzelle eine Ladungstrennung. Infolge der Ladungstrennung entsteht ein Ladungsträgerpaar. Wird ein Ladungsträger des Ladungsträgerpaares, also zum Beispiel ein Elektron, aus der aktiven Zone herausgeleitet, so fließt ein elektrischer Strom. Das getrennte Herausleiten von Ladungsträgern eines Ladungsträgerpaares gelingt durch Vorsehen eines geeigneten elektrischen Feldes. Ein geeignetes elektrisches Feld herrscht in Solarzellen zum Beispiel infolge eines bereitgestellten p-n-Kontaktes mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter. Die Verarmungszone bildet dann die aktive Zone.

Der Wirkungsgrad, einfallende Photonen zu absorbieren und in Ladungsträgerpaare zu überführen, hängt von der Wellenlänge der Photonen ab. In Abhängigkeit von der Wellenlänge weist der Wirkungsgrad lokale Minima, lokale Maxima oder Flanken auf.

Aus der Druckschrift (M. Quinten, O. Stenzel, A. Stendal, C. Borczyskowski, J. Opt. 28 (1997) 249-251) ist bekannt, Cluster in Bereiche außerhalb der aktiven Zone einer Solarzelle einzubringen und so den Wirkungsgrad zu steigern. Diese Steigerung findet jedoch nur bei Wellenlängen statt, bei denen ohnehin ein guter Wirkungsgrad vorliegt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Solarzelle mit gutem Wirkungsgrad.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den rückbezogenen Ansprüchen.

Die anspruchsgemäße Solarzelle weist einen aktiven Bereich aus, in dem durch einfallende Photonen Ladungsträgerpaare erzeugt werden. Ein Ladungsträgerpaar besteht aus einem positiven und einem negativen Ladungsträger. Mittel sind vorhanden, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich so heraus zuführen, daß ein elektrischer Strom fließt. Negative Ladungsträger wie Elektronen werden dann getrennt von positiven Ladungsträgern aus dem aktiven Bereich herausgeführt und/oder umgekehrt. Innerhalb des aktiven Bereiches befinden sich Cluster.

Beispiele für Mittel, die die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich zur Erzeugung eines elektrischen Stroms heraus führen, sind geeignet angelegte elektrische Felder. Geeignet angelegte elektrische Felder bei einer Solarzelle können zum Beispiel durch einen p-n Kontakt mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter oder durch einen Schottky-Kontakt oder durch molekulare Anordnungen mit geeignet liegenden Energiezuständen und/oder Fermi-niveaus bereitgestellt werden.

Die Mittel, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich herauszuführen, bezwecken in Kombination mit dem aktiven Bereich die Bereitstellung einer elektrischen Spannung.

Unter Clustern im Sinne des Anspruchs wird eine Gruppe von drei oder mehr Atomen oder Molekülen verstanden, von denen jedes mit mindestens zwei anderen Atomen oder Molekülen dieser Gruppe chemisch verknüpft ist. Die Verknüpfung kann aus metallischen, ionischen, kovalenten oder van-der Waals-artigen Bindungen bestehen. Die Cluster weisen einen Absorptionspeak auf. Ein Absorptionspeak liegt vor,

wenn die Photonenabsorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein lokales Maximum aufweist. Eine makroskopisch große Metallschicht weist im Unterschied zum anspruchsgemäßen Cluster keinen lokalen Absorptionspeak auf.

Anspruchsgemäße Cluster bestehen z. B. aus 5000 Goldatomen oder 3000 Galliumarsenidmolekülen.

Cluster im aktiven Bereich einer Solarzelle bewirken im Wellenlängenbereich des Absorptionspeaks eine zusätzliche Photonenabsorption, die im Gegensatz zu einer ausgedehnten, makroskopisch großen Metallschicht zu einer Resonanz führt. Hierdurch werden zusätzliche Ladungsträgerpaare in der aktiven Zone erzeugt. Der Wirkungsgrad der Solarzelle wird so gesteigert.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Solarzelle nach Anspruch 2 weist Cluster auf, die kleiner als 100 nm, insbesondere kleiner als 10 nm sind. Cluster in dieser Größenordnung bewirken einen ausgeprägten Absorptionspeak und damit eine verbesserte Resonanz. Eine weiter gesteigerter Wirkungsgrad der Solarzelle ist die Folge.

Vorteilhaft enthält die Solarzelle nach Anspruch 3 Cluster, die aus wenigstens 100 insbesondere aus wenigstens 1000 Atomen bestehen. Ein typischer Cluster enthält z. B. 10 000 Atome.

Ist die Anzahl der Atome eines Clusters zu gering, so wird der Absorptionspeak sehr schmal. Dies führt nachteilhaft zu einer Absorption in einem sehr kleinen Wellenlängenbereich. Daher sollte der Cluster aus mindestens 100, vorzugsweise aus wenigstens 1000 Atomen bestehen, um einen Absorptionspeak über einen breiten Wellenlängenbereich zu erhalten.

Eine vorteilhafte Solarzelle nach Anspruch 4 enthält Cluster im aktiven Bereich, deren Absorptionspeak in den Wellenlängenbereich fällt, bei dem der Wirkungsgrad der Solarzelle ohne Cluster ein lokales Minimum oder den Anstieg einer Absorptionsflanke aufweist.

Ein Beispiel für eine Solarzelle nach Anspruch 4 ist eine Schottky-Kontakt-Solarzelle mit Silberclustern im aktiven Bereich, die einige Nanometer groß sind. Die Solarzelle besteht aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas mit aufgedampfter Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ohne die Cluster ein lokales Absorptionsminimum und damit ein lokales Photostromminimum im Bereich von 410-520 nm auf. Die Silbercluster weisen einen lokalen Absorptionspeak im vorgenannten Bereich auf. Daher wird Licht auch im Wellenlängenbereich um 470 nm mit gutem Wirkungsgrad in einen Photostrom umgewandelt. Ein lokales Maximum des Photostroms im Bereich um 450 nm ist die Folge.

Eine Solarzelle, die Cadmiumsulfid als Halbleiter enthält, stellt ein weiteres Beispiel dar. Hier gibt es in Abwesenheit der anspruchsgemäßen Cluster eine Absorptionsflanke, die bei 520 nm steil abfällt. Galliumarsenidcluster, die in den aktiven Bereich eingebracht werden, bewirken einen zusätzlichen elektrischen Strom bei Wellenlängen um 600 nm. Dieser Wellenlängenbereich konnte bislang nicht genutzt werden. Der Wirkungsgrad wird somit weiter gesteigert.

Eine Solarzelle nach Anspruch 5 weist vorteilhaft Cluster im aktiven Bereich auf, deren Absorptionspeak im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt. Die Cluster können aus Silber oder Gold bestehen.

In einem Beispiel umfaßt die Solarzelle ein aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas und eine aufgedampfte Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ein Absorptionsminimum im Wellenlängenbereich von 410-520 nm auf. Durch das anspruchsgemäße Vorsehen von einige Nanometer großen Silberclustern werden Photonen aus dem sichtbaren und damit energiereichen Wellenlängenbereich verstärkt

Die Erfindung betrifft eine Solarzelle mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Bei einer Solarzelle wird durch Absorption elektromagnetischer Strahlung ein elektrischer Strom erzeugt. Der erzeugte Strom wird Photostrom genannt.

Aus der Druckschrift DE 196 40 065 A1 ist eine solche Solarzelle bekannt, bei der in einem Farbstoff Photonen in einen elektrischen Strom umgewandelt werden.

Einfallende Photonen erzeugen in der aktiven Zone (aktiver Bereich) einer Solarzelle eine Ladungstrennung. Infolge der Ladungstrennung entsteht ein Ladungsträgerpaar. Wird ein Ladungsträger des Ladungsträgerpaares, also zum Beispiel ein Elektron, aus der aktiven Zone herausgeleitet, so fließt ein elektrischer Strom. Das getrennte Herausleiten von Ladungsträgern eines Ladungsträgerpaares gelingt durch Vorsehen eines geeigneten elektrischen Feldes. Ein geeignetes elektrisches Feld herrscht in Solarzellen zum Beispiel infolge eines bereitgestellten p-n-Kontaktes mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter. Die Verarmungszone bildet dann die aktive Zone.

Der Wirkungsgrad, einfallende Photonen zu absorbieren und in Ladungsträgerpaare zu überführen, hängt von der Wellenlänge der Photonen ab. In Abhängigkeit von der Wellenlänge weist der Wirkungsgrad lokale Minima, lokale Maxima oder Flanken auf.

Aus der Druckschrift (M. Quinten, O. Stenzel, A. Stendal, C. Borczykowski, J. Opt. 28 (1997) 249–251) ist bekannt, Cluster in Bereiche außerhalb der aktiven Zone einer Solarzelle einzubringen und so den Wirkungsgrad zu steigern. Diese Steigerung findet jedoch nur bei Wellenlängen statt, bei denen ohnehin ein guter Wirkungsgrad vorliegt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Solarzelle mit gutem Wirkungsgrad.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den rückbezogenen Ansprüchen.

Die anspruchsgemäße Solarzelle weist einen aktiven Bereich aus, in dem durch einfallende Photonen Ladungsträgerpaare erzeugt werden. Ein Ladungsträgerpaar besteht aus einem positiven und einem negativen Ladungsträger. Mittel sind vorhanden, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich so heraus zuführen, daß ein elektrischer Strom fließt. Negative Ladungsträger wie Elektronen werden dann getrennt von positiven Ladungsträgern aus dem aktiven Bereich herausgeführt und/oder umgekehrt. Innerhalb des aktiven Bereiches befinden sich Cluster.

Beispiele für Mittel, die die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich zur Erzeugung eines elektrischen Stroms heraus führen, sind geeignet angelegte elektrische Felder. Geeignet angelegte elektrische Felder bei einer Solarzelle können zum Beispiel durch einen p-n Kontakt mit einer Verarmungszone zwischen dem n- und dem p-Leiter oder durch einen Schottky-Kontakt oder durch molekulare Anordnungen mit geeignet liegenden Energiezuständen und/oder Fermi-niveaus bereitgestellt werden.

Die Mittel, um die Ladungsträger aus dem aktiven Bereich herauszuführen, bezwecken in Kombination mit dem aktiven Bereich die Bereitstellung einer elektrischen Spannung.

Unter Clustern im Sinne des Anspruchs wird eine Gruppe von drei oder mehr Atomen oder Molekülen verstanden, von denen jedes mit mindestens zwei anderen Atomen oder Molekülen dieser Gruppe chemisch verknüpft ist. Die Verknüpfung kann aus metallischen, ionischen, kovalenten oder van-der Waals-artigen Bindungen bestehen. Die Cluster weisen einen Absorptionspeak auf. Ein Absorptionspeak liegt vor,

wenn die Photonenabsorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein lokales Maximum aufweist. Eine makroskopisch große Metallschicht weist im Unterschied zum anspruchsgemäßen Cluster keinen lokalen Absorptionspeak auf.

Anspruchsgemäße Cluster bestehen z. B. aus 5000 Goldatomen oder 3000 Galliumarsenidmolekülen.

Cluster im aktiven Bereich einer Solarzelle bewirken im Wellenlängenbereich des Absorptionspeaks eine zusätzliche Photonenabsorption, die im Gegensatz zu einer ausgedehnten, makroskopisch großen Metallschicht zu einer Resonanz führt. Hierdurch werden zusätzliche Ladungsträgerpaare in der aktiven Zone erzeugt. Der Wirkungsgrad der Solarzelle wird so gesteigert.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Solarzelle nach Anspruch 2 weist Cluster auf, die kleiner als 100 nm, insbesondere kleiner als 10 nm sind. Cluster in dieser Größenordnung bewirken einen ausgeprägten Absorptionspeak und damit eine verbesserte Resonanz. Eine weiter gesteigerter Wirkungsgrad der Solarzelle ist die Folge.

Vorteilhaft enthält die Solarzelle nach Anspruch 3 Cluster, die aus wenigstens 100 insbesondere aus wenigstens 1000 Atomen bestehen. Ein typischer Cluster enthält z. B. 10 000 Atome.

Ist die Anzahl der Atome eines Clusters zu gering, so wird der Absorptionspeak sehr schmal. Dies führt nachteilhaft zu einer Absorption in einem sehr kleinen Wellenlängenbereich. Daher sollte der Cluster aus mindestens 100, vorzugsweise aus wenigstens 1000 Atomen bestehen, um einen Absorptionspeak über einen breiten Wellenlängenbereich zu erhalten.

Eine vorteilhafte Solarzelle nach Anspruch 4 enthält Cluster im aktiven Bereich, deren Absorptionspeak in den Wellenlängenbereich fällt, bei dem der Wirkungsgrad der Solarzelle ohne Cluster ein lokales Minimum oder den Anstieg einer Absorptionsflanke aufweist.

Ein Beispiel für eine Solarzelle nach Anspruch 4 ist eine Schottky-Kontakt-Solarzelle mit Silberclustern im aktiven Bereich, die einige Nanometer groß sind. Die Solarzelle besteht aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas mit aufgedampfter Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ohne die Cluster ein lokales Absorptionsminimum und damit ein lokales Photostromminimum im Bereich von 410–520 nm auf. Die Silbercluster weisen einen lokalen Absorptionspeak im vorgenannten Bereich auf. Daher wird Licht auch im Wellenlängenbereich um 470 nm mit gutem Wirkungsgrad in einen Photostrom umgewandelt. Ein lokales Maximum des Photostroms im Bereich um 450 nm ist die Folge.

Eine Solarzelle, die Cadmiumsulfid als Halbleiter enthält, stellt ein weiteres Beispiel dar. Hier gibt es in Abwesenheit der anspruchsgemäßen Cluster eine Absorptionsflanke, die bei 520 nm steil abfällt. Galliumarsenidcluster, die in den aktiven Bereich eingebracht werden, bewirken einen zusätzlichen elektrischen Strom bei Wellenlängen um 600 nm. Dieser Wellenlängenbereich konnte bislang nicht genutzt werden. Der Wirkungsgrad wird somit weiter gesteigert.

Eine Solarzelle nach Anspruch 5 weist vorteilhaft Cluster im aktiven Bereich auf, deren Absorptionspeak im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes liegt. Die Cluster können aus Silber oder Gold bestehen.

In einem Beispiel umfaßt die Solarzelle ein aus ITO (Indium/Zinnoxid)-beschichtetem Glas und eine aufgedampfte Zink-Phthalocyanin-Schicht. Diese weist ein Absorptionsminimum im Wellenlängenbereich von 410–520 nm auf. Durch das anspruchsgemäße Vorsehen von einige Nanometer großen Silberclustern werden Photonen aus dem sichtbaren und damit energiereichen Wellenlängenbereich verstärkt

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**